

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОМД С КОМБИНИРОВАННЫМ НАГРУЖЕНИЕМ

EFFICIENCY PROCESSES METAL FORMING WITH COMBINED LOADING

Буркин С.П.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, spb@mtf.ustu.ru

In terms of the concepts of combined loading, and combined processes proposed embodiment of a machining center. The center is designed for the manufacture of forgings in small series. The complex includes the casting machine, the funds transfer bars in the area of plastic processing. Quick conversion is achieved through automated tool magazine. Describes the technological capabilities of the machining center. Shows a possible kinematic scheme.

Keywords: forging, machining center, tool changeover, casting billets, magazine blacksmith tools, range of forgings

Научно-исследовательские работы в области волочения с противонатяжением, активно проводимые на кафедре с 1966 года, породили, со временем, новое научное направление с интересными практическими результатами, получившее название “процессы с комбинированным приложением внешней нагрузки” или проще “процессы с комбинированным нагружением”. Эти процессы ОМД не подпадают под классификацию, согласно которой нагружение тела при пластическом формоизменении подразделяется на простое и сложное.

Под комбинированным нагружением следует понимать такое, при котором энергия к деформируемому телу подводится двумя или более потоками управляемой интенсивности. В этом случае может быть реализована деформация в условиях как сложного, так и близкого к простому нагружения.

В частности, волочение с противонатяжением легко представимо как простое волочение предварительно упруго растянутой заготовки. Натяжение и само волочение выполняются отдельными приводами и мощности как противонатяжения так и самого волочения могут независимо варьироваться.

При комбинированном нагружении привод может быть один, но обязательно должен существовать элемент линии привода, позволяющий общий поток подводимой к деформируемому телу энергии разделять в произвольной пропорции на частные потоки, приводящие в движение исполнительные органы.

Известные из литературы процессы с “активным действием сил трения” являются частным случаем ОМД с комбинированным нагружением. Трение - это лишь способ передачи энергии от исполнительного органа деформируемому телу.

Деформирование с комбинированным нагружением позволяет существенно расширить технологические возможности традиционных способов ОМД. Для многих процессов может быть найдена такая комбинация внешних нагрузок, при которой процесс оптимизируется по какому-либо параметру. Например, существует такая величина

противонатяжения, при которой мощность многократного непрерывного волочения минимальна при сохранении заданного запаса прочности материала во всех проходах.

В развитии идеи комбинированного нагружения исследовались и оптимизировались, а также создавались новые способы деформации, развивающие технологию ОМД и порождающие новые конфигурации машин. Результаты теоретического и экспериментального анализа таких способов обработки как волочение, осадка и штамповка с кручением, осадка со сдвигом, радиальное обжатие и многоножевая разрезка с поперечным сдвигом, прессование с подвижной матрицей, валковая высадка с рассогласованием скоростей валков, рубка с растяжением и некоторые другие, подробно представлены в публикациях [1-9, 14-16].

Многие исследованные процессы ОМД с комбинированным нагружением оказываются эффективными в технологии производства поковок, в частности, из непрерывнолитых заготовок. Более того, совокупность этих способов деформирования позволила говорить о возможности создания агрегата нового типа, названного обрабатывающим центром [10-12].

Современная наука и промышленные предприятия единичного и мелкосерийного производства накопили богатый арсенал эффективных способов деформирования при свободной ковке (осадка со сдвигом или кручением, секционная ковка, валковая раскатка и др.). однако эти способы с трудом входят в технологию из-за сложности их реализации на кузнечном оборудовании свободнойковки. Отсюда технологический консерватизм в области кованных заготовок. Даже современные ковочные комплексы не внесли принципиальных изменений в технологию свободнойковки.

В работе по созданию обрабатывающего центра удалось по-новому решить композиционную структуру кузнечной машины, пригодной не только для выполнения традиционных операций свободнойковки, но и позволяющей применять новые, не характерные дляковки на молотах и прессах. Структура обрабатывающего центра (ОЦ) решает проблемы

комбинирования нагрузок, формирования новых форм очага деформации, эффективного использования магазина инструментов.

Оптимизация структуры ОЦ достигнута минимизацией количества исполнительных механизмов, при котором возможны реализация всех к настоящему времени разработанных способов деформирования, применимых к свободной ковке, и все транспортные и манипуляционные операции с заготовкой и инструментом. Оптимальная структура ОЦ сведена к двум радиально-обжимным блокам, снабженным поворотом и осевым перемещением, валковому устройству, многоножевым ножницам и автоматизированному магазину инструментальной оснастки.

В настоящее время на кафедре разработаны несколько типов ОЦ, один из которых вертикальный обрабатывающий центр (ВОЦ), рассматривается в этой работе.

Вертикальный обрабатывающий центр пластического формообразования поковок в состоянии автоматически без остановок на переналадку выпускать поковки широкой номенклатуры из непрерывнолитых полых заготовок. Автоматизирован не только технологический цикл получения поковок, начиная с разливки металла, но и вспомогательные операции ВОЦ: осевое перемещение поковок или литой заготовки, вращение поковок вокруг оси на заданный угол, осевое заданное перемещение ковочных и отрезных блоков, ввод оправок и раскатных валков в полость поковки, передача инструмента из магазина в бойки ковочных блоков, извлечение инструмента из полости поковки, возврат инструмента в магазин, перемещение части заготовки в индуктор для подогрева и возврат в зону обработки, удаление поковок из зоны обработки и передача их в приемный короб.

Заготовка для изготовления поковок производится вертикальной машиной непрерывной разливки и без предварительной разрезки и охлаждения передается вверх в деформирующую часть ВОЦ. Главной технологической особенностью вертикальной разливки является формирование полый одно- или многослойной заготовки последовательным ее вытягиванием с большим (до 500 мм) шагом вверх.

В состав деформирующего агрегата, располагающегося на техническом этаже по оси разливки над литейной машиной, включены два радиально-обжимных блока, раскатное устройство и автоматизированный магазин инструмента.

Компоновка и принцип работы ВОЦ хорошо иллюстрируется кинематической схемой (рисунок).

Жидкая сталь подается в промежуточный ковш ИЛ, выполненный в форме поворотного цилиндра и снабженный для температурной стабилизации и перемешивания металла индукционной канальной единицей. Промежуточный ковш герметизируется и снабжается системой подачи избыточного

регулируемого давления нейтрального газа (аргон, азот). Под давлением жидкий металл поднимается в вертикальный кристаллизатор (MOULD) и разъемную зону вторичного охлаждения (SU). Раздвигаемые гидроцилиндрами HC2 полуцилиндры за счет привода М4 периодически вытягивают закристаллизовавшийся слиток на длину кристаллизатора.

Присутствующий в полости заготовке нейтральный газ предотвращает окисление внутренней поверхности. Формирование слитка со сравнительно тонкой стенкой, т.е. использование в заготовке только коркового металла, кристаллизующегося с большой скоростью и при однородном фронте теплоотвода, гарантирует мелкозернистую структуру и подавление ликвации примесей и легирующих добавок в стали. Качество литой заготовки может улучшаться за счет циклического движения вдоль фронта кристаллизации, легко осуществимого в данной конструкции литейной машины.

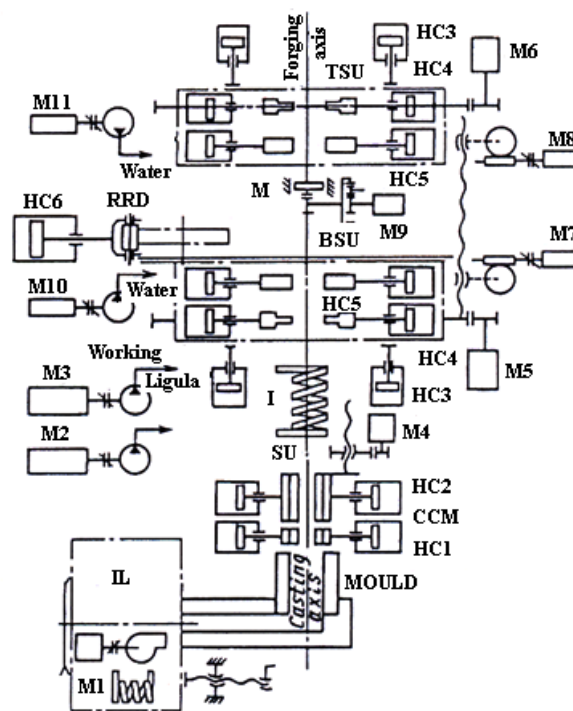


Рисунок. Кинематическая схема вертикального обрабатывающего центра

Отлитая заготовка может иметь два концентричных слоя металла различных марок, подаваемого поочередно в зону кристаллизации из двух идентичных промежуточных ковшей. Использование биметаллических заготовок при производстве поковок и деталей машин поможет сэкономить сплавы и повысить эффективность термообработки.

Продвигаясь вдоль оси разливки, полая заготовка проходит индукционный нагреватель I и поступает в деформированную зону обрабатывающего центра.

Нижний BSU и верхний TSU ковочные блоки конструктивно идентичны, снабжены приводами поворота М5 и М6 и вертикального

перемещения НС3 и содержат гидроприводные бойки для радиального обжата и ножи для разрезки поковок, работающие от гидроприводов НС5 и НС4.

Ускоренное перемещение блоков от приводов М7 и М8 обеспечивает быстрое позиционирование деформирующего инструмента относительно периодически подаваемой заготовки.

Прижим заготовки кольца к валкам во время раскатки выполняется гидроцилиндром НС6.

Инструментальный магазин кольцевого типа смонтирован на BSU и обслуживается двумя диаметрными реечными манипуляторами с приводом М9, используемыми также и для удаления готовых поковок из зоны обработки ВОЦ.

Поскольку литейная машина позволяет производить непрерывнолитые заготовки, лишенные основных дефектов слитков наполнительного литья, обрабатывающий центр освобождается от традиционных при свободной ковке операций по набору уковки, имеющих цель разрушения литой структуры и устранение ликвационной неоднородности заготовок. В связи с этим все технологические операции свободнойковки ВОЦ являются формообразующими, что сокращает время обработки и уменьшает угар металла при многочисленных нагревах заготовки.

Подобный ВОЦ предназначен для изготовления поковок гладких и ступенчатых валов круглого или прямоугольного сечения, дисков, втулок, обечаек, колец, некоторых поковок с искривленной осью. Чрезвычайно богатые технологические возможности ВОЦ позволяют существенно расширить эту основную номенклатуру поковок.

Основные преимущества ОЦ перед всеми известными агрегатами, ныне используемыми в свободной ковке:

- неограниченно широкий набор технологических операций и приемов свободнойковки, предоставляющей технологу возможность непрерывно совершенствовать техпроцесс и даже оптимизировать его, задаваясь различными целевыми функциями;
- возможность выполненияковки либо без переналадки инструментальной оснастки, либо с очень оперативной автоматической переналадкой;
- полная автоматизация технологического процесса свободнойковки, в частности крупных поковок с использованием не специализированных управляющих вычислительных блоков и систем, а серийно выпускаемых дешевых и надежных микропроцессорных средств;
- возможность эффективного совмещения САПР ТП свободнойковки с АСУ ТП, полностью исключая бумажное представление технологического процесса;
- высокая производительность свободнойковки, определяемая возможностью изготовления практически любой крупнойковки за один нагрев, применением новых операцийковки и эффективными использованием удлиненных слитков и непрерывных заготовок;

- повышенная точность поковок за счет более строгого контролирования положения границ очага деформации при выполнении всех операций свободнойковки как традиционных, так и новых, присущих только данному ОЦ;

- высокий коэффициент использования металла за счет повышения точностиковки и снижения угара металла;

- высокое качество металла поковок и возможность оперативного управления качеством в процессековки путем широкого варьирования всех граничных условий (кинематических, силовых, температурных) за счет рационального комбинирования внешних воздействий, активизации сил контактного трения, управления тепловым режимомковки;

- низкие энергетические затраты на изготовление поковок за счет значительного уменьшения контактных напряжений в очагах деформации при комбинировании нагрузок и активизации сил трения;

- повышенная относительная стойкость инструмента благодаря возможности управления тепловым режимомковки, сокращению продолжительности изготовления каждойковки, снижению контактных давлений;

- улучшенные условия и безопасность труда кузнецов при работе в режиме автоматического и ручного управления ОЦ.

При изготовлении всей широкой номенклатуры поковок на ОЦ в распоряжении технолога и кузнеца имеется следующий основной набор технологических операций и операций, определяемых комплектом инструмента в магазине и, следовательно, неограниченно расширяемый при использовании дополнительной инструментальной оснастки:

- свободнаяковка;
- осадка в подкладных кольцах;
- осадка со сдвигом;
- осадка с одновременным кручением и сдвигом;
- заковка цапфы;
- протяжка по схемам “круг-квадрат”, “круг-восьмиугольник”, “круг-прямоугольник”, “квадрат-прямоугольник”, “прямоугольник-прямоугольник”;
- осевое скручивание заготовок и поковок;
- валковая и сферодвижная раскатка дисков;
- растяжка с кручением дисков со ступицей;
- прошивка полыми и сплошными прошивками;
- ковка полых поковок на оправках;
- растяжение колец на раздвигающихся бойках;
- валковая раскатка втулок, колец и обечаек с гладкими и фасонными внутренними и наружными поверхностями с торцевой правкой поковок;
- засечка;
- передача;
- высадка буртов и фланцев;
- зацентровка поковок валов;
- скальпирование поковок.

Возможность полной автоматизации технологического процесса изготовления широкой номенклатуры поковок на ВОЦ обуславливается в значительной мере конструкцией магазина

инструмента и наличием подъемно-транспортных средств.

Особый интерес представляют новые технологические операции, которые могут выполняться на ВОЦ описанной конфигурации.

Осадка со сдвигом осуществляется при внецентренной установке заготовки на бойках блоков и сообщении им взаимного поворота. Для восстановления правильной формы поковки за время цикла осадки выполняется также обратный поворот головок блоков в исходное положение. Таким образом, осадка со сдвигом практически всегда рассматривается как осадка со знакопеременным сдвигом. Этот способ деформирования обладает всеми достоинствами осадки с кручением, но в то же время характеризуется более равномерным распределением дополнительных сдвиговых деформаций по объему поковки и полным устранением зон затрудненной деформации.

Осадка со знакопеременным кручением на гладких плитах и в подкладных кольцах выполняется аналогично обычной осадке с кручением, но при возвратно-поступательном вращении одного или обоих ковочных блоков, между сведенными или разведенными на заданную величину бойками. Знакопеременная деформация кручения способствует более качественной проработке литой структуры слитка и более эффективна по сравнению с обычной осадкой с кручением по энергозатратам и стойкости инструмента, благодаря уменьшению тангенциального проскальзывания металла на контактной поверхности бойков [1]. К недостаткам этой схемы деформации относится меньшая производительность техпроцесса и динамические нагрузки на элементы гидросистемы привода.

Разрезка заготовок и поковок выполняется любым из отрезным блоком при удержании заготовки бойками смежного многобойкового ковочного блока. Конструкция отрезного блока подобна трехбойковому ковочному блоку. Операцию разрезки следует классифицировать как разновидность кузнечной рубки, выполняемой одновременно тремя топорами со сдвигом за один ход. Вывод о целесообразности применения такой модифицированной кузнечной рубки, как наиболее простого и надежного среди всех известных способов разделения металла, был сделан на основе анализа современного состояния техники и технологии разделительных процессов.

Осевое скручивание заготовок проводится одним или одновременно двумя ковочными блоками. В обоих случаях процесс может быть реализован с осевым подпором или натяжением. При закручивании в поковке формируется витая структура, благоприятно влияющая на усталостную прочность высоконагруженных валов, изготавливаемых из этих поковок.

Раскатка дисков является разновидностью секционной или сферодвижнойковки и выполняется специализированным валковым инструментом, удерживаемым и приводимым во

вращение одним из ковочных блоков. При этом противоположный торец поковки упирается в сведенные или разведенные на заданную величину бойки второго ковочного блока.

Операция растяжки с кручением полотна диска со ступицей не известна до настоящего времени в кузнечной практике. Она осуществляется при помещении заготовки между торцами бойков ковочных блоков осевым перемещением одного из блоков и разведением бойков обоих ковочных блоков. Противонаправленность замыкания бойков у блоков обеспечивает при этом скручивание поковки. Каждая точка контактной поверхности в своем перемещении при разведении бойков имеет тангенциальную и радиальную составляющие. Последняя превращает силы контактного трения в активные, обеспечивающие интенсивное радиальное течение металла. Непрерывно расходящийся раствор бойков обоих ковочных блоков формирует ступицы диска, приобретающие форму шестигранных усеченных пирамид.

Двойное комбинирование внешних нагрузок при выполнении этой операции обеспечивает заметное снижение осевого усилия, уменьшение припусков на механическую обработку, увеличение степени деформации и, следовательно, повышение качества поволовок дисков.

Осевым перемещением одного из ковочных блоков, между бойками которого зажата с некоторым пережимом поковка, навстречу другому блоку со сведенными бойками может быть реализована операция высадки фланца концевой части поковки. Если заготовка в средней части зажата с пережимом обоими блоками, то этим способом высаживается бурт.

Использование вращения блоков порождает еще одну новую кузнечную операцию - высадку с кручением. Операция может быть использована для сравнительно коротких поволовок валов из-за ограниченности высоты рабочего пространства и невозможности удаления длинной поковки из ВОЦ, если диаметр высаженной части поковки превышает максимальный раствор бойков.

Приведенный перечень технологических операций не исчерпывает всех возможностей ВОЦ, которые неограниченно расширяются при развитии инструментального парка.

Раскатка втулок, колец и обечаек и других полых поволовок выполняется между приводным валком, шейки которого зажимаются и приводятся во вращение бойками обоих блоков, и не приводным, опирающимся на опорные ролики раскатного устройства, снабженного гидроцилиндром регулирования величины обжатия. торцевые поверхности бойков ковочных блоков ограничивают течение металла по ширине при раскатке и калибруют торцевые поверхности поковки кольца или втулки.

При использовании приводного вала с одной шейкой появляется возможность выполнения целой гаммы типоразмеров колец и втулок,

различных по высоте и диаметру, но накладывается ограничение по крутящему моменту раскатки.

Большинство выше перечисленных технологических операций обрабатываемого центра являются традиционными, достаточно подробно изучены и описаны в литературе.

Такие операции, как радиальное обжатие четырехбойковым ковочным блоком, разрезка заготовок многоножевыми ножницами, протяжка многовалковым блоком, исследованы экспериментально на лабораторных и полупромышленных установках и представлены эмпирическими математическими моделями, достаточными для успешного технологического проектирования.

Принципиально новый подход к компоновке ВОЦ, применение оптимальной архитектуры машины, отказ от сложившихся в области свободнойковки технологических и конструктивных стереотипов, затормозивших развитие способов изготовления особенно крупных поковок, порождают новый технологический объект, свободный от известных недостатков современной технологии свободнойковки, пригодный как для реализации известных, но не применяемых из-за отсутствия соответствующего оборудования, способовковки, так и для порождения целого ряда совершенно новых технологических приемов, не нуждающийся в роботах и манипуляторах, но в то же время полностью автоматизированный на базе серийных микропроцессорных средств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Контактное трение в процессах обработки металлов давлением. А.Н.Леванов, В.Л. Колмогоров, С.П. Буркин и др. М.: Металлургия, 1976. 416 с.
2. Решение технологических задач ОМД на микро-ЭВМ. В.Л.Колмогоров, С.И.Паршаков, С.П.Буркин и др. М.: Металлургия, 1993. 320 с.
3. Буркин С.П., Леванов А.Н., Тарновский И.Я., Тягунов Б.В., Картак Б.Р. Силовые параметры при волочении с противонапряжением / Изв. Вузов. Цветная металлургия, №5, 1970. С.129-133.
4. Буркин С.П., Тягунов Б.В., Леванов А.Н., Картак Б.Р. Исследование силовых параметров волочения проволоки с кручением /Сталь, №2, 1972. С.182-183.
5. Буркин С.П., Леванов А.Н., Спасский Ю.И. Об эффективности использования активного действия сил контактного трения в процессах ОМД /Изв.вузов АН СССР. Металлы, №2, 1976.
6. Буркин С.П., Картак Б.Р., Леванов А.Н. Усилия, моменты и давления при осадке с кручением /Кузнечно-штамповочное производство, №9, 1975.
7. Буркин С.П., Картак Б.Р., Мамаев Ю.В. О производстве проволоки растяжением с изгибом /Сталь, №8, 1975.
8. Буркин С.П., Козлов В.С. Выбор рациональной технологии изготовления кузнечных заготовок из непрерывнолитых слитков /Кузнечно-штамповочное производство, №11, 1994 .
9. Буркин С.П., Логинов Ю.Н. Исследование процесса прессования через вращающуюся матрицу /Изв. Вузов. Черная металлургия, №4, 1995.
10. Kolmogorov V.L., Burkin S.P., Babailov N.A. Automated forging center as renaissance of hammer forging in heavy industry /Journal of materials processing technology , v.56, 1996. P.631-642.
11. Burkin S.P., Korshunov E.A., Kolmogorov V.L., Babailov N.A., Nalesnik V.M. A vertical automated forging center for the plastic deformation of continuously-cast ingots/Journal of materials processing technology. V.58. №2-3, 1996. P.170-173.
12. Burkin S.P., Kolmogorov V.L., Babailov N.A., Shakhpazov E.H. Special preparation of the ingots for deformation on the automated forging center / Journal of materials processing technology. V.45 №1-4. 1994, p. 37-42.
13. Burkin S.P., Korshunov E.A., Loginov Yu.N., Babailov N.A., Tchestnov V.A. New industrial technology for producing mill balls on the continuous cast-deformation complex /Advanus in Materials and processing technologies. V.II. Portugal. University of Minho, 1997. P. 541-548.
14. Буркин С.П., Логинов Ю.Н. Анализ формоизменения при высадке головки железнодорожного костыля /Кузнечно-штамповочное производство, №8, 1997. С.25-26.
15. Логинов Ю.Н., Буркин С.П. Рубка прутковых заготовок бойками с наклонными рабочими поверхностями /Сталь, №3, 1997. С. 53-56.
16. Бабайлов Н.А., Буркин С.П. Моделирование процесса радиального обжатия полой заготовки многобойковым блоком. Екатеринбург: Изд. УрОРАН, 1998. 64 с.